

ارزیابی اثر تعاملی دما و غلظت قلیا بر جذب رنگزا در پارچه حلقوی پودی پنبه‌ای ساده مرسریزه شده

Evaluating the Interactive Effect of Temperature and Alkali Concentration on Dye Absorption of Mercerized Cotton Plain Knitted Fabric

پیمان ولی پور^{*}، عبدالرسول مقسم

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائم‌شهر، گروه مهندسی نساجی، قائم‌شهر، صندوق پستی ۱۶۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۱/۳۱

چکیده

با هدف مطالعه اثر تعاملی غلظت و دمای قلیا بر مقدار جذب ماده رنگزا، نمونه‌های مختلف از پارچه حلقوی پودی ساده مرسریزه شدند. پس از رنگرزی، مقدار رنگزای برداشت شده به وسیله پارچه با سنجش پساب حمام رنگ معین و محاسبه شد. برای درک عمیق‌تر از تغییرات در ساختار پارچه، طیف FTIR پارچه خام رنگ شده و پارچه مرسریزه شده با بیشترین جذب بررسی شد. نتایج پژوهش نشان داد، ماده رنگزا در پارچه‌های مرسریزه شده به مراتب بهتر از نمونه پارچه خام جذب می‌شود. با وجود این، در دمای کم افزایش غلظت قلیا موجب ازدیاد جذب می‌شود. با افزایش دمای قلیا، غلظت بهینه کاهش یافت، به طوری که در دماهای ۴۰°C و ۶۰°C غلظت بهینه به ترتیب ۲۵۰ و ۲۰۰ g/L بود. با افزایش بیشتر دما، افزون بر حصول نتیجه گفته شده، مقدار جذب رنگزا به وسیله پارچه نیز کاهش یافت. با افزایش غلظت سدیم هیدروکسید ضمن روی دادن حداکثر جذب همچنان در دمای ۴۰°C از مقدار رنگزای جذب شده به وسیله پارچه کم شد. در نهایت، در محدوده مطالعه شده از دما و غلظت قلیا، دمای ۶۰°C و غلظت ۲۰۰ g/L مناسب‌ترین شرایط برای مرسریزه کردن پارچه معین شد.

مقدمه

بررسی‌های انجام شده در زمینه مرسریزه کردن الیاف نشان می‌دهد، غلظت قلیا معین کننده تعداد گروه‌های مواد آبیوشیده قلیایی، مقدار نفوذ قلیا درون الیاف و در نهایت مقدار تورم آنهاست [۳]. دمای قلیا نیز بر مقدار تورم لیف مؤثر است. با کاهش دما، سرعت نفوذ قلیا به درون لیف و پدیده تورم به دلیل افزایش گرانشی کم می‌شود [۴]. مرسریزه کردن زیر کشش سبب بهبود خواص مکانیکی الیاف پنبه در مقایسه با الیاف خام و الیاف مرسریزه شده در حالت بدون کشش می‌شود. نایکنواختی جرمی نخ ریسیده شده از الیاف مرسریزه شده در مقایسه با نخ مشابهی که از الیاف خام ریسیده شده، کمتر است. تولید پارچه

از دیر باز روش‌های شیمیایی گوناگونی برای بهبود خواص و کارایی محصولات صنعت نساجی توسط پژوهشگران ارائه شده است. از این میان، مرسریزه کردن به عنوان عمل‌آوری شیمیایی- مکانیکی در کنار و شاید بیش از سایر روش‌ها با هدف بهبود کارایی نخ و کیفیت کالای تهیه شده از آن استفاده شده است [۱]. مطالعات در زمینه مرسریزه کردن بر سه موضوع اصلی اثر عمل‌آوری یعنی متغیرهای فرایند شامل غلظت قلیا، دمای قلیا، زمان مرسریزه کردن و کشش اعمال شده بر خواص الیاف، نخ و پارچه متمرکز شده است [۲].

کلمات کلیدی

پارچه حلقوی پودی، عملیات مرسریزه کردن، جذب ماده رنگزا، غلظت قلیا، دمای قلیا

*مستول مکاتبات، پیام‌نگار: drpeiman.valipour@yahoo.com

از الیاف مرسرریزه شده از نظر بهبود خواص کالا بسیار سودمندتر از مرسرریزه کردن پارچه بافته شده است [۵].

مرسرریزه کردن بر ریزساختار و خواص نخ مخلوط از الیاف پنبه و کیپاک نیز اثرگذار است. بر این اساس، با وجود اثر عمل آوری بر ترکیب شیمیایی سلولوز، بلورینگی الیاف در نخ مخلوط بر اثر مرسرریزه کردن کاهش می‌یابد و سلولوز نوع اول به سلولوز نوع دوم تغییر حالت می‌دهد. با افزایش غلظت قلیا تا مقداری مشخص، استحکام تا پارگی نخ افزایش و هم‌زمان ازدیاد طول تا پارگی کاهش می‌یابد. با افزایش بیشتر غلظت قلیا و درصد الیاف کیپاک در نخ مخلوط، استحکام تا پارگی به شدت کاهش و ازدیاد طول به آرامی افزایش می‌یابد [۶].

بر اساس مطالعات Hari و همکاران، استحکام تا پارگی نخ چرخانه‌ای مرسرریزه شده صرف‌نظر از مقدار تاب، بیشتر از استحکام نخ چرخانه‌ای مرسرریزه نشده است. افزایش استحکام تا پارگی نخ‌های کم تاب بیش از تغییر استحکام نخ‌های پرتاب است. افزون بر این، بهبود استحکام حتی در نخ‌هایی نیز مشاهده می‌شود که در حالت شل مرسرریزه شدند [۷]. ارزیابی پژوهشگران نشان داده است، استحکام نخ رینگ و نخ فشرده با مرسرریزه کردن بیشتر می‌شود. با وجود این، تغییر استحکام برای نخ رینگ و نخ کم‌تاب بیشتر است. مرسرریزه کردن، ازدیاد طول تا پارگی، مقاومت سایشی و انعطاف‌پذیری نخ را کم می‌کند و این کاهش در نخ رینگ آشکارتر است [۱].

تعیین مقدار بهینه برای متغیرهای ماشین مرسرریزه کردن، نخ و ماده قلیایی موجود در فرایند مرسرریزه کردن با هدف افزایش استحکام تا پارگی نخ مرسرریزه شده نیز مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. نتایج به دست آمده بیانگر وجود تعامل شدید میان این عوامل هنگام اثر بر خواص نخ است [۸].

ارزیابی‌های انجام شده از اثر مرسرریزه کردن بر خواص پارچه تاری و پودی نشان می‌دهد، افزایش کشش اعمال شده بر پارچه حین مرسرریزه کردن منجر به بهبود استحکام می‌شود. با افزایش سرعت کشش، استحکام پارچه زیاد اما ازدیاد طول آن کم می‌شود [۱،۷].

افزایش درخشندگی فقط هنگام اعمال کشش بر نمونه پارچه حین مرسرریزه شدن مشاهده می‌شود [۳]. بر اساس پژوهش‌های انجام شده توسط صامعی، کاهش وزن پارچه تاری و پودی مرسرریزه شده بدون اعمال کشش بیش از کاهش وزن نمونه مرسرریزه شده زیر کشش است. وی نشان داد، با افزایش دمای قلیا، آهار بیشتری از پارچه جدا می‌شود. پارچه مرسرریزه شده نسبت به پارچه‌های مرسرریزه نشده جذب رنگزای بیشتری دارد و مقدار افزایش جذب رنگزا متأثر از اثر تعاملی دما و غلظت قلیاست. به عبارت دیگر، در غلظت مشخصی از قلیا، اثر دما بر مرسرریزه کردن زیر کشش در مقایسه با مرسرریزه کردن بدون کشش بیشتر است [۹]. استفاده از محلول سدیم هیدروکسید عاری از گاز در مقایسه با محلول متداول این ماده در بهبود خواص پارچه مرسرریزه شده مانند استحکام تا پارگی، بلورینگی الیاف و رطوبت باقی‌مانده در پارچه مؤثر است [۱۰].

در کنار پارچه‌های تاری و پودی، پارچه حلقوی بخش بزرگی از

از پارچه‌های تاری و پودی، پارچه حلقوی بخش بزرگی از

از پارچه‌های تاری و پودی، پارچه حلقوی بخش بزرگی از

از پارچه‌های تاری و پودی، پارچه حلقوی بخش بزرگی از

از پارچه‌های تاری و پودی، پارچه حلقوی بخش بزرگی از

از پارچه‌های تاری و پودی، پارچه حلقوی بخش بزرگی از

در ادامه پژوهش پیشین، در مقاله حاضر بر ارزیابی جذب ماده رنگزا به وسیله پارچه حلقوی مرسرریزه شده و اثر تعاملی متغیرهای یاد شده بر این پدیده تمرکز شده است. به دلیل حجم زیاد اطلاعات، تنها اثر تعاملی غلظت و دمای قلیا در مقدار بهینه از زمان و کشش گزارش شده است. افزون بر این، رابطه غیرخطی برای مقدار جذب رنگزا در پارچه بر اساس چهار متغیر عنوان شده در این پژوهش با استفاده از شیوه مدل‌سازی مشتق شده از الگوریتم ژنتیک با عنوان Gene Expression Programming استخراج و ارائه شده است. بر اساس معادله ارائه شده پژوهشگر قادر است، مقدار جذب رنگزا در پارچه را پیش از انجام عملیات با اطلاع از مقدار چهار متغیر گفته شده در محدوده مطالعات انجام شده، با دقت مناسب پیش‌بینی کند.

تجربی

مواد

در این پژوهش، از پارچه حلقوی پودی ساده با طول حلقه ۰/۲۹۴ cm و نخ یک‌لای چرخانه پنبه‌ای با نمره ۲۰ انگلیسی دارای تاب در متر ۸۷۵، سدیم هیدروکسید و استیک اسید ۲٪ تولید شده در شرکت خلوص شیمی و رنگزای مستقیم SIRIUS RED VIOLET RL استفاده شد.

دستگاه‌ها و روش‌ها

تولید و مرسریزه کردن نمونه‌های پارچه

پارچه حلقوی پودی ساده با طول حلقه $0/294 \text{ cm}$ در ماشین بافندگی Piylong ساخت کره جنوبی با قطر 30 اینچ، گيج 24 دارای تغذیه مثبت در شرکت ریسندگی و بافندگی خزریس لفور تولید شد. در این عملیات از نخ یک‌لای چرخانه پنبه‌ای با نمبر 20 انگلیسی دارای تاب در متر 875 استفاده شد. پارچه بافته شده به 13 گروه برای آماده کردن یک نمونه پارچه خام و 12 نمونه پارچه مرسریزه شده دسته‌بندی شد. از هر گروه، 6 نمونه با ابعاد $40 \times 40 \text{ cm}$ آماده شد.

در ناحیه میانی هر نمونه‌ها، مربع رنگی ثابت با ابعاد $35 \times 35 \text{ cm}$ با مشخص کردن چند نقطه در راستای رج و ردیف علامت‌گذاری شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، چند قاب چوبی با توجه به ابعاد نمونه‌های بریده شده ساخته شد. روی هر قاب، مربعی با ابعاد $36/75 \text{ cm}$ پس از اعمال 5% کشش بر ابعاد مربع رنگ ثابت مشخص شده بر پارچه علامت‌گذاری شد.

هر نمونه به‌طور یکنواخت در دو راستای رج و ردیف به‌گونه‌ای کشیده شد که مربع رنگی روی پارچه بر مربع مشخص شده بر قاب چوبی منطبق شود. سپس، پارچه کشیده شده در موقعیت جدید بر قاب چوبی با استفاده از منگنه ثابت شد. نمونه‌های آماده شده یکی پس از دیگری به مدت 240 s (این عدد با آزمودن چند زمان مختلف برای مرسریزه کردن و ارزیابی جذب رنگزای بهینه شده است) در محلول سدیم هیدروکسید غوطه‌ور شدند. در این مطالعه، از ماده خشک جامد با درجه خلوص 99% و غلظت 40 g/mol تولید شده در

جدول ۱- شرایط مرسریزه کردن نمونه‌های مختلف پارچه.

نمونه	دما ($^{\circ}\text{C}$)	غلظت (g/L)
۱	۲۰	۲۰۰
۲	۴۰	۲۰۰
۳	۶۰	۲۰۰
۴	۸۰	۲۰۰
۵	۲۰	۲۵۰
۶	۴۰	۲۵۰
۷	۶۰	۲۵۰
۸	۸۰	۲۵۰
۹	۲۰	۳۰۰
۱۰	۴۰	۳۰۰
۱۱	۶۰	۳۰۰
۱۲	۸۰	۳۰۰

در تمام نمونه‌ها مقدار کشش 5% و زمان فرایند 240 s است.

شرکت خلوص شیمی استفاده شد. برای تهیه محلول، مقدار 250 g از ماده خشک در آب حل و حجم محلول به 1 L رسانده شد. تغییر غلظت ماده قلیایی و دمای محلول مدنظر قرار گرفت (جدول ۱). پس از مرسریزه کردن، برای شست‌وشو و خنثی‌سازی، نمونه‌ها در حالی که بر قاب چوبی زیر کشش بودند، ابتدا در آب با دمای 60°C و سپس در حمام محتوی استیک اسید 2% تولید شده در شرکت خلوص شیمی به مدت 240 s برای خنثی‌سازی قرار داده شدند. در مرحله بعد، پارچه‌ها در آب گرم شست‌وشو شده و نمونه‌ها پس از جدا شدن از قاب چوبی در آب سرد آبکشی و به مدت 24 h در سطح صاف و هموار در شرایط محیط خشک شدند. به دلیل تغییر غلظت قلیا در حمام پس از سه مرتبه مرسریزه کردن محتویات حمام با محلول جدید جایگزین شد [۱۲].

تعیین مقدار جذب رنگزا در نمونه‌های پارچه

برای بررسی دقیق مقدار جذب رنگزا در پارچه مرسریزه شده، نمونه‌ها در شرایط کاملاً یکسان با استفاده از دستگاه نمونه رنگ‌کنی رنگ‌ریزی شدند. در این عملیات از 2% ماده رنگزای مستقیم SIRIUS RED VIOLET RL، 10 g/L سدیم کلرید و نسبت مایع به کالا $1:80$ استفاده شد. تمام نمونه‌های مرسریزه شده و یک نمونه خام هر یک به وزن $0/7 \text{ g}$ در دمای 40°C داخل حمام رنگ‌ریزی حاوی ماده رنگزا و نمک قرار گرفتند. رنگ‌ریزی در همین دما به مدت 15 min در دستگاه نمونه رنگ‌کنی آزمایشگاهی HT ساخت شرکت یزد نساج ادامه یافت. سپس، دمای محلول به مدت 20 min به دمای جوش رسانده شد. نمونه‌ها در شرایط جوش به مدت 30 min در حمام باقی ماندند. در انتها، نمونه‌ها از دستگاه خارج و شست‌وشو شدند.

مقدار برداشت ماده رنگزا به وسیله پارچه از حمام رنگ‌ریزی در طول موج بیشینه (520 nm) دستگاه طیف‌نورسنج جذبی Cecil cec41 3000 series ساخت انگلستان معین شد. با توجه به اینکه مقدار ثبت شده در دستگاه، مقدار جذب نور به وسیله پساب حمام رنگ‌ریزی را نشان می‌دهد، با آماده‌سازی محلول رنگی جدید و به شیوه زیر مقدار رنگزای جذب شده به وسیله نمونه‌های پارچه محاسبه شد:

ابتدا مقدار 1 g از رنگزا در 1 L آب حل شد. سپس، مقدار 1 L از این محلول رنگی در مقدار مناسبی از آب برای رسیدن به غلظت $5-50 \text{ mg/L}$ (پله‌های 5 mg/L) اضافه شد. در مرحله بعد، مقدار جذب نور محلول‌های رنگی جدید اندازه‌گیری شد. منحنی تغییرات جذب نور بر حسب غلظت برای داده‌های حاصل رسم و معادله بهترین خط عبورکننده از نقاط معین شد. با استفاده از این معادله، مقدار رنگزای باقی مانده در پساب مشخص شد.

در مرحله آخر، مقدار رنگزای جذب شده در پارچه از معادله (۱) محاسبه شد. نتایج این محاسبات در جدول ۲ آمده است:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W} \quad (1)$$

جدول ۲- مقدار جذب ماده رنگزا در نمونه‌های پارچه مرسریزه شده و خام.

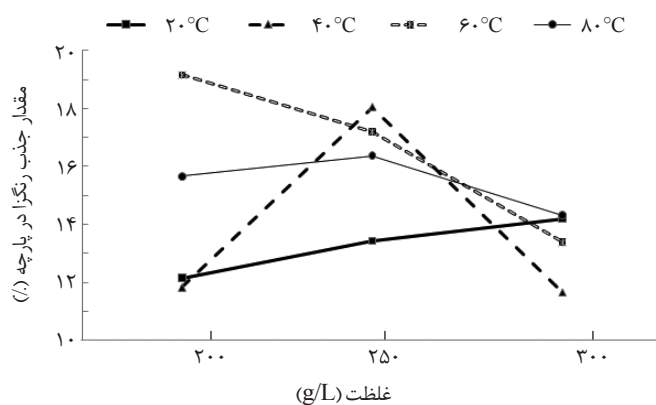
نمونه	رنگزای جذب شده در پارچه (mg/g)	رنگزای باقی مانده در پساب (mg/L)
۱	۱۲/۱۵	۹۸/۰۱
۲	۱۱/۸۲	۱۰۲/۲۳
۳	۱۹/۱۶	۱۰/۴۰
۴	۱۵/۶۶	۵۴/۱۶
۵	۱۳/۴۳	۸۲/۰۵
۶	۱۸/۰۵	۲۴/۳۴
۷	۱۷/۲۰	۳۴/۸۹
۸	۱۶/۳۷	۴۵/۳۵
۹	۱۴/۲۰	۷۲/۴۲
۱۰	۱۵/۴۴	۵۶/۹۱
۱۱	۱۳/۳۸	۸۲/۶۹
۱۲	۱۴/۳۲	۷۰/۹۵
خام	۷/۲۱	۱۵۹/۷۹

داده شده است. در منحنی‌های رسم شده الگوی واضح و یکنواختی مشاهده نمی‌شود. به عبارت دیگر، تعامل میان دو پارامتر دما و غلظت قلیا بر جذب رنگزا در پارچه مؤثر بوده است.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد، در دمای 20°C (مرسریزه کردن سرد) افزایش غلظت سدیم هیدروکسید پیوسته سبب بهبود جذب رنگزا در پارچه می‌شود. با وجود این، مقدار رنگزای جذب شده در مقایسه با سه حالت دیگر چندان زیاد نیست. در دمای 40°C مناسب‌ترین غلظت از قلیا 250 g/L است. مقادیر بیشتر و کمتر از قلیا سبب کاهش شدید جذب رنگزا شده است. با افزایش دمای قلیا به 60°C غلظت بهینه به 200 g/L کاهش یافت. افزایش بیشتر غلظت قلیا در این دما موجب کاهش جذب رنگزا می‌شود. با افزایش دمای قلیا به 80°C بیشترین جذب رنگزا در پارچه که در مقایسه با دو حالت پیشین کمتر است، در مقادیر کم از سدیم هیدروکسید روی می‌دهد. 40°C و 60°C دماهای مناسب مرسریزه کردن پارچه حلقوی پودی ساده با هدف افزایش جذب رنگزا است، به شرط اینکه غلظت قلیا در این دو دما به ترتیب 250 g/L و 200 g/L انتخاب شود. نتایج به دست آمده از این مطالعه احتمالاً درباره جذب ماده رنگزا با تورم نواحی بی‌شکل لیف، تغییر درجه آبیوشیده شدن قلیا در غلظت‌های زیاد، بهبود ساختار داخلی الیاف در غلظت زیاد سدیم هیدروکسید و به هم ریختگی ساختار لیف در دمای بسیار زیاد قلیا و روی دادن پدیده تورم معکوس تحلیل می‌شود.

اثر دمای قلیا بر جذب رنگزا در پارچه مرسریزه شده

دمای قلیا بر تورم الیاف بسیار اثر می‌گذارد. با کاهش دما، گرانیروی سدیم هیدروکسید افزایش و نفوذ قلیا به درون الیاف و تورم لیف کاهش می‌یابد. افزایش دما افزون بر کاهش گرانیروی سدیم هیدروکسید، سبب باز شدن ساختار لیف و نفوذ آسان قلیا به درون آن می‌شود. منحنی اثر دمای قلیا بر جذب رنگزا در نمونه پارچه‌های مرسریزه شده در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل وابستگی جذب رنگزا به آثار هم‌زمان دما و غلظت قلیا قابل مشاهده است. بنابراین، اثر دما بر این مسئله را باید در غلظت‌های مختلف از قلیا به‌طور جداگانه ارزیابی کرد.



شکل ۱- اثر غلظت قلیا بر مقدار جذب رنگزا در پارچه مرسریزه شده در دماهای مختلف.

در این معادله، q_e غلظت رنگزا در زمان تعادل (mg/g)، C_0 غلظت اولیه رنگزا در حمام (mg/L)، C_e غلظت رنگزا در پساب در زمان تعادل (mg/L)، V حجم حمام (L) و W وزن پارچه (g) است.

پس از تعیین مقدار جذب رنگزا به وسیله هر نمونه پارچه، طیف FTIR برای نمونه پارچه خام رنگرزی شده و نمونه با بیشترین جذب رنگ، با دستگاه مدل NEXUF 870 ساخت شرکت Termo Nicolet آمریکا تهیه شد. در نهایت، تحلیل آماری نتایج برای تعیین اهمیت تفاوت مشاهده شده در مقدار جذب رنگزا به وسیله نمونه‌های پارچه در سطح اطمینان ۵٪ با نرم‌افزار آماری SPSS18 انجام شد. افزون بر این، برای درک بهتر و دسته‌بندی اطلاعات از آزمون Tukey نیز استفاده شد.

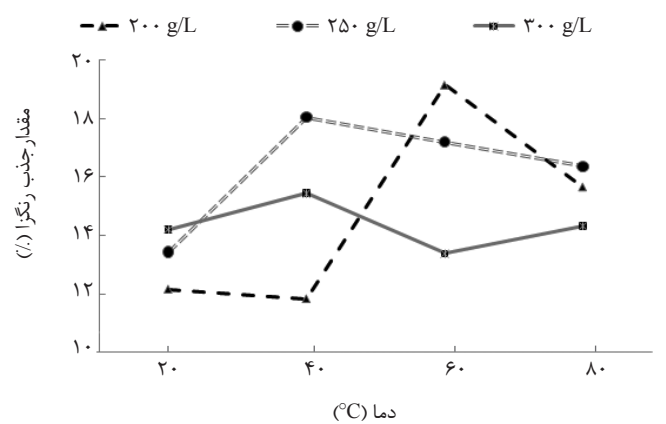
نتایج و بحث

اثر غلظت قلیا بر جذب رنگزا در پارچه مرسریزه شده

افزایش غلظت قلیا در عملیات مرسریزه کردن معمولاً باعث افزایش جذب ماده رنگزا به وسیله کالا می‌شود. غلظت محلول قلیایی، معین‌کننده اندازه آبیوشیده‌های سدیم هیدروکسید و در نتیجه مقدار نفوذ محلول به نواحی مختلف لیف و در پی آن درجه تورم و اصلاح ساختار داخلی الیاف است [۳، ۴]. تغییر در جذب رنگزا بر حسب تغییر در مقدار قلیای استفاده شده در چهار دمای مختلف در شکل ۱ نشان

در غلظت ۳۰۰ g/L و دمای بیش از ۴۰°C کمتر می شود در مقایسه با حالتی که دما مشابه اما غلظت قلیا کمتر انتخاب می شود. مقایسه نتایج مندرج در جدول ۲ نشان می دهد، جذب رنگزا در مرسریزه کردن پارچه حلقوی بسیار مؤثر است. مقدار جذب ماده رنگزا برای پارچه خام ۷/۲۱ mg/g و برای پارچه مرسریزه شده در بهترین حالت (نمونه ۳) ۱۹/۱۶ mg/g است. این دو عدد بیانگر افزایش ۱۶۵/۷۴٪ در جذب رنگزا است. بنابراین، از نظر اقتصادی برای استفاده کامل و بهینه از مواد اولیه و نیز کاهش هزینه فرایند و از نظر بهبود ثبات ابعادی و کارایی پارچه، مرسریزه کردن بسیار مفید است. همچنین نتایج نشان می دهد، از میان سیزده نمونه مختلف پارچه ارزیابی شده نمونه ۳ در مقایسه با سایر نمونه ها بیشترین جذب رنگزا را دارد. در مرسریزه کردن این نمونه، دما و غلظت قلیا به ترتیب ۶۰°C و ۲۰۰ g/L بوده است. شاید دمای زیاد موجب کاهش گرانیوی قلیا شده و زمان مناسب مرسریزه کردن در کنار غلظت کم قلیا ضمن جلوگیری از تخریب ساختار الیاف سبب نفوذ بهتر سدیم هیدروکسید در پنبه و تورم بیشینه آن شده باشد. نتیجه به دست آمده نشان می دهد، برای حصول بهترین عملکرد نیازی به در نظر گرفتن مقادیر زیاد دما و غلظت قلیا در عملیات مرسریزه کردن نیست، بلکه همواره با توجه به نوع و ساختار پارچه مقدار بهینه ای از این دو متغیر وجود دارد که صنعتگران باید در عمل به آن توجه کرده و آن را مشخص کنند.

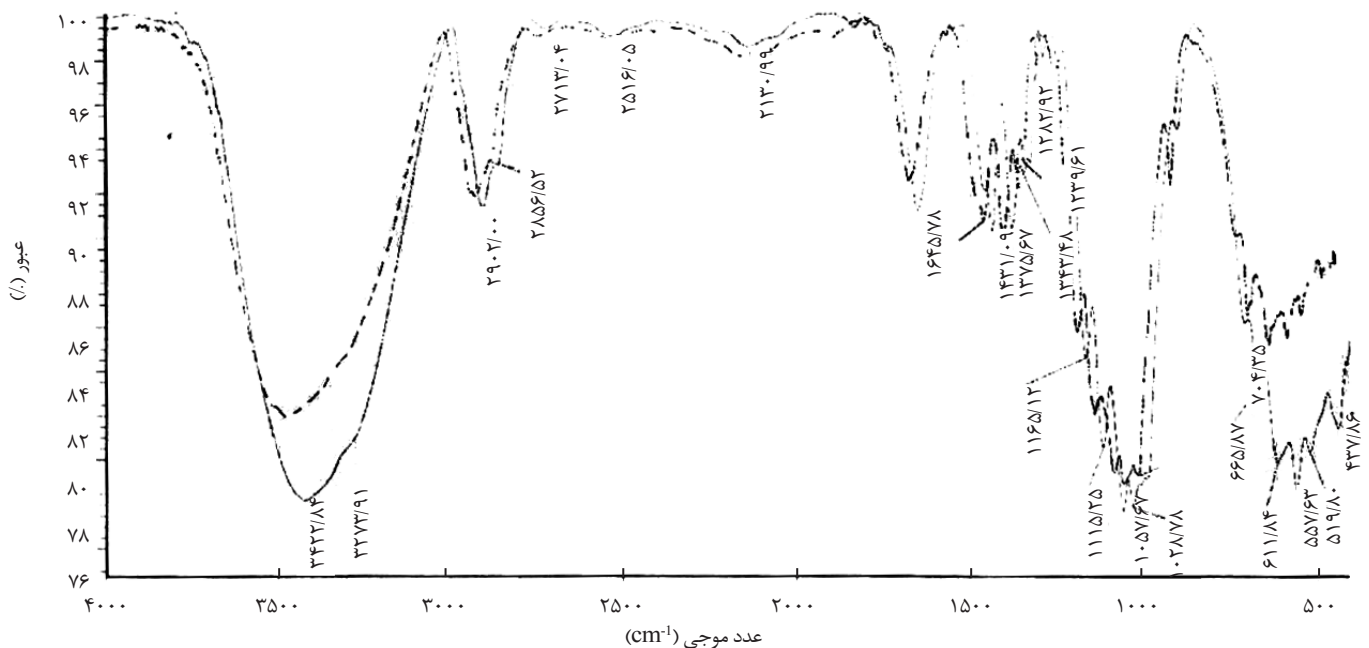
برای درک علل جذب بهتر رنگزا در نمونه ۳ و اطلاع از تغییرات درونی آن پس از مرسریزه کردن، طیف FTIR از پارچه با بیشترین مقدار جذب و پارچه خام رنگزایی شده و دو نمونه دیگر پارچه در محدوده ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ cm⁻¹ تهیه شد. در شکل ۳ طیف مربوط به نمونه خام و نمونه ۳ پس از انطباق بر یکدیگر برای آشکار شدن تغییرات ساختاری نشان داده است. در شکل های ۴ و ۵ نیز طیف



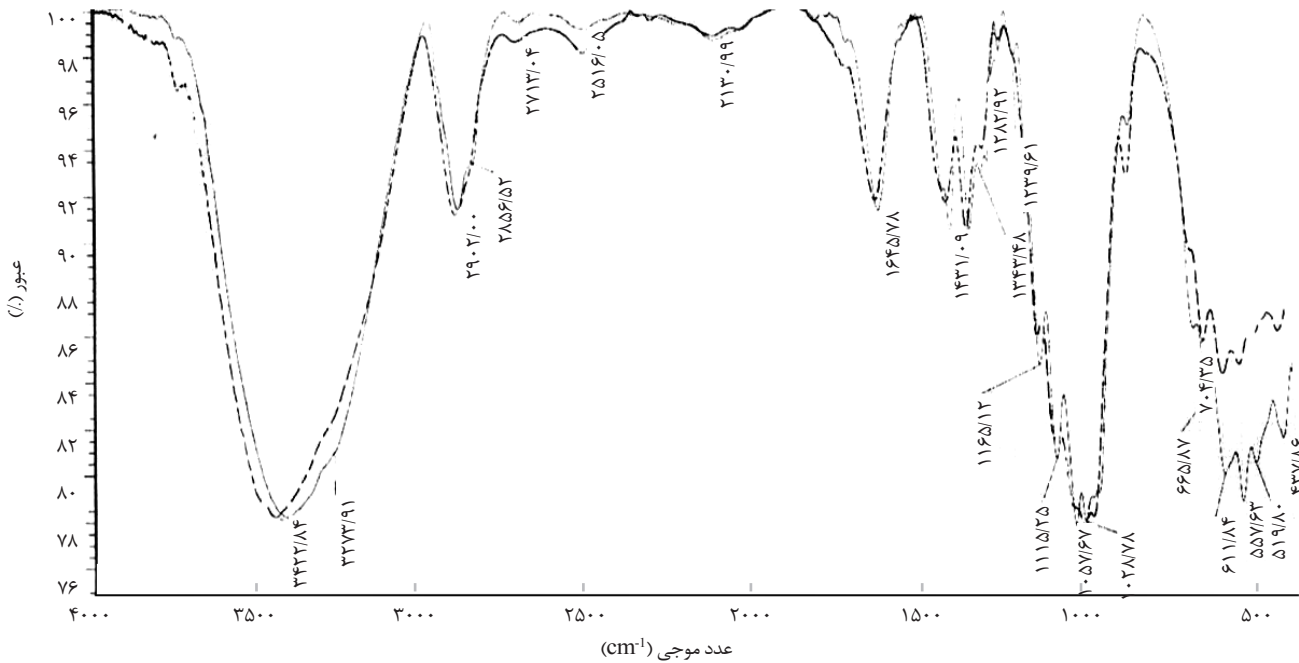
شکل ۲- اثر دمای قلیا بر مقدار جذب رنگزا در پارچه مرسریزه شده در غلظت های مختلف.

در غلظت ۲۰۰ g/L از قلیا دمای کم اثر چندان بر جذب رنگزا نمی گذارد. با افزایش دما به ۶۰°C تغییر ناگهانی در پدیده جذب رخ می دهد، به طوری که در این شرایط بیشترین مقدار رنگزا به وسیله پارچه جذب می شود. افزایش بیشتر دما احتمالاً به دلیل اثر مخرب بر ساختار لیف سبب کاهش جذب رنگزا شده است. در غلظت ۲۵۰ g/L نیز مرسریزه کردن سرد چندان موفق نیست. اما، به دلیل افزایش غلظت سدیم هیدروکسید برای حصول حداکثر جذب به افزایش بسیار دمای آن نیازی نیست.

در دمای بیش از ۴۰°C شدت جذب رنگزا در پارچه کم می شود. با افزایش غلظت قلیا به ۳۰۰ g/L مرسریزه کردن در دمای ۲۰°C نیز مؤثر واقع می شود، به طوری که این شرایط از دو حالت پیشین جذب رنگزایی بیشتری را موجب شده است. اما در این غلظت، افزایش دما نه تنها مفید نبوده بلکه از جذب رنگزا کاسته است. بنابراین، جذب



شکل ۳- طیف FTIR نمونه پارچه با بیشترین جذب رنگزا (نمونه ۳) و پارچه خام.



شکل ۴ - طیف FTIR نمونه پارچه ۲ و پارچه خام.

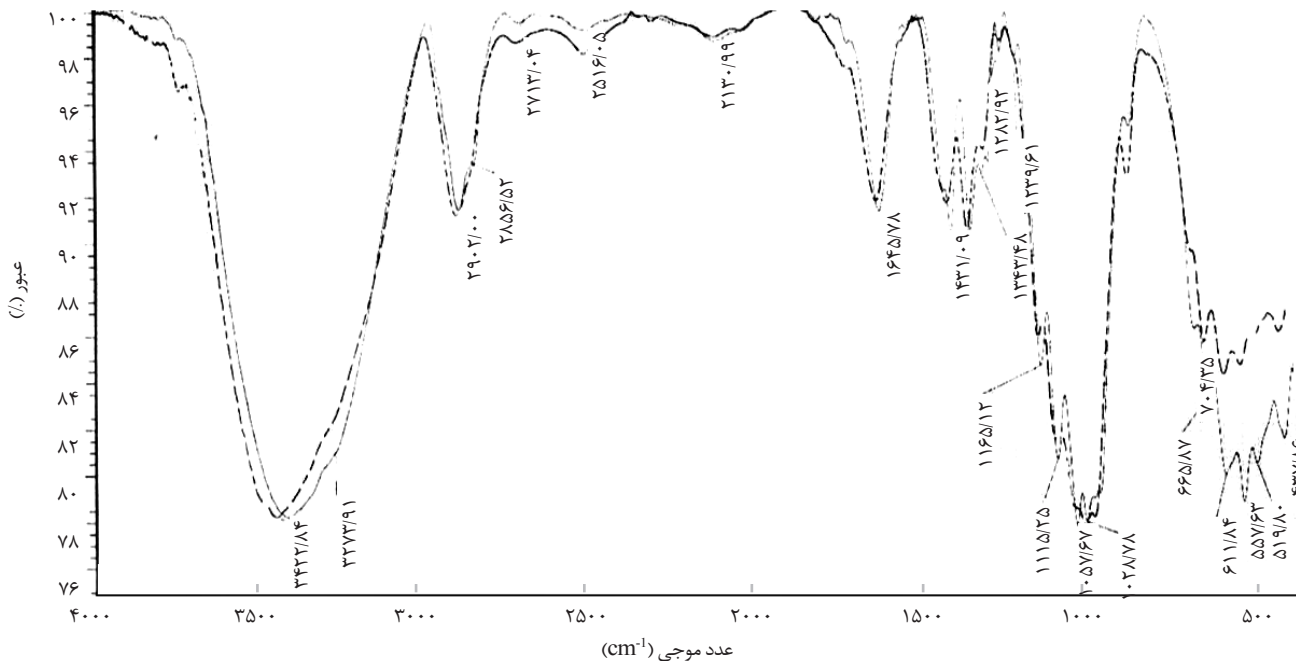
در برخی دیگر از نقاط نیز اختلاف اندکی میان پیکها به دلیل شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی در اثر عمل آوری سلولوز با سدیم هیدروکسید مشاهده می‌شود. در دو نمونه دیگر که جذب رنگزا در مقایسه با نمونه پارچه خام مقدار کمتری است، تفاوت در پیکهای مشاهده شده نیز نامحسوس است، به طوری که در نمونه ۲ فرقی میان طیف FTIR در مقایسه با نمونه خام مشاهده نمی‌شود.

پیش‌بینی مقدار جذب ماده رنگزا در پارچه

همان‌طور که در مقدمه مقاله بیان شد، نتایج ارائه شده فقط بخشی

FTIR نمونه خام با نمونه‌های ۲ و ۱۰ مقایسه شده است. در این شکل‌ها طیف نشان داده شده با خط پر مربوط به نمونه پارچه خام و طیف دیگر مربوط به نمونه پارچه مرسریزه شده است.

مقایسه طیف نمونه‌های پارچه خام و مرسریزه شده با بیشترین جذب نشان می‌دهد، طیف مربوط به نمونه مرسریزه شده در $3273/91$ و $3422/84 \text{ cm}^{-1}$ دارای پیک‌های کوتاه‌تر نسبت به طیف نمونه پارچه خام است. تغییر روی داده احتمالاً مربوط به انبساط پیوندهای O-H و در نتیجه افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل آزاد در واحد $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ سلولوز است [۶].



شکل ۵ - طیف FTIR نمونه پارچه ۱۰ و پارچه خام.

$$(2) \quad \text{جذب رنگزا} = \log(((((-7.812409 - M.T) + (A.C - T.T)) + ((A.C / M.T) + A.C)))) + \text{atan}(\cos(\sqrt{A.C})) \times ((A.T.T + 8.37146) - (T.T - M.T)) + \log(((T.T^2) \times T.T^{1/3})) - \sqrt{M.T^3}))))$$

یادآور می‌شود، این معادله برای پارچه با مشخصات درج شده در پژوهش حاضر هنگام انجام مرسریزه کردن با شرایط بیان شده و در محدوده در نظر گرفته شده از متغیرهای فرایند صدق می‌کند. مقدار R_2 برای داده‌های تجربی ۰/۹۹۵۲۱۵ و مقدار MSE برابر با ۰/۰۶۱۷۵۲ معین شد. شکل ۶ مقادیر جذب واقعی و پیش‌بینی شده رنگزا را برای داده‌های تجربی نشان می‌دهد. انطباق کامل دو منحنی بر یکدیگر نمایانگر صحت و دقت زیاد مدل استخراج شده است.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، اثر غلظت و دمای قلیا بر جذب رنگزا در پارچه حلقوی پودی ساده مرسریزه شده بررسی شده است. نمونه پارچه حلقوی با استفاده از نخ پنبه‌ای چرخانه بافته به ۱۳ گروه مختلف برای حصول ۱۲ نمونه مرسریزه شده و یک نمونه خام دسته‌بندی شد. پس از مرسریزه کردن پارچه‌ها در زمان و کشش بهینه که از پیش معین شده بود، مقدار جذب رنگزا پارچه از سنجش پساب حمام رنگزی معین شد. مطالعه انجام شده نشان می‌دهد، مرسریزه کردن در افزایش مقدار جذب رنگزا در پارچه بسیار مؤثر است. افزون بر این، اثر دو متغیر غلظت و دما بر جذب رنگزا از نوع تعاملی است. به طوری که مرسریزه کردن سرد بر بهبود جذب رنگزا در پارچه چندان مؤثر نیست. با افزایش دما از مقدار غلظت بهینه سدیم هیدروکسید در عملیات کم می‌شود، اما دمای زیاد اثر معکوس بر جذب رنگزا دارد.

بنابراین، در مقیاس صنعتی تعیین عدد بهینه برای این دو متغیر باید با دقت فراوان، روش‌های علمی مناسب و در نظر گرفتن تعامل این دو انجام شود.

مقایسه طیف FTIR نمونه پارچه خام و نمونه پارچه مرسریزه شده با بیشترین جذب رنگزا نشان‌دهنده انبساط پیوندهای O-H و در نتیجه افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل آزاد در واحد $C_6H_{10}O_5$ سلولوز پس از مرسریزه کردن است. در نهایت، براساس چهار متغیر زمان عملیات مرسریزه کردن، دمای قلیا، غلظت قلیا و کشش اعمال شده بر پارچه با استفاده از الگوریتم‌های پیش‌بینی هوش، معادله برای جذب رنگزا در پارچه ارائه شد.

قدردانی

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر برای حمایت مالی در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.



شکل ۶- مقایسه مقادیر جذب تجربی و پیش‌بینی شده رنگزا با مدل برای مجموعه داده‌های تجربی.

از مجموعه اطلاعاتی است که از مطالعه اثر مرسریزه کردن بر جذب رنگزای پارچه حلقوی پودی ساده حاصل شده است.

در پژوهش انجام شده، متغیرهای غلظت قلیا در سطوح ۲۵۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۳۰۰ g/L (A.C)، دمای عملیات قلیایی در مقادیر ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰°C (A.T.T)، زمان عملیات مرسریزه کردن به مقدار ۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۰۰ s (T.T) و کشش اعمال شده بر پارچه به اندازه ۵، ۱۰ و ۱۵٪ (M.T) به عنوان متغیر در نظر گرفته شده است. اما برای کاهش حجم مقاله، فقط اثر تعاملی غلظت و دمای قلیا در مقادیر بهینه از زمان و کشش ارائه شده است.

به دلیل اهمیت موضوع پیش‌بینی مقدار جذب رنگزا در پارچه، در این بخش رابطه‌ای بر پایه مدل‌سازی انجام شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه می‌شود. استفاده از هوش مصنوعی در مقایسه با روش‌های رگرسیون آماری و مدل‌های ریاضی به لحاظ نوع داده بسیار کارآمدتر است.

اما روش‌های هوشمند مانند شبکه عصبی جعبه‌ای سیاه است و از چگونگی رابطه موجود میان متغیرهای وابسته و مستقل اطلاعاتی ارائه نمی‌دهد. از این میان، روش برگرفته از الگوریتم ژنتیک با نام Gene Expression Programming که در پژوهش‌های پیشین نیز نویسندگان از آن استفاده کرده‌اند، به خوبی در حل این قبیل مسائل کارایی دارد و حتی می‌تواند دقیق‌تر از سایر روش‌های هوش مصنوعی عمل کند [۱۶-۱۳].

به دلیل تمرکز مقاله بر موضوع تحلیل اثر متغیرهای عملیات مرسریزه کردن بر جذب رنگزا در پارچه و امکان دریافت مطالب کامل درباره این روش از مدل‌سازی در منابع، از بیان جزئیات صرف نظر شده و تنها به معادله نهایی استخراج شده برای پیش‌بینی مقدار جذب رنگزا اکتفا می‌شود. ۱۰۸ مجموعه داده‌های مسئله به سه گروه داده آموزشی، آزمایشی و تصدیق متقاطع تقسیم و بهترین ساختار از مدل با بیشترین ضریب همبستگی و کمترین خطا استخراج شد. معادله (۲) نشان می‌دهد، با دقت زیاد امکان پیش‌بینی مقدار جذب رنگزا در پارچه وجود دارد.

مراجع

1. Dhamija S. and Manshahia M., Performance characteristics of mercerized ring and compact-spun yarns produced at varying level of twist and traveler weight, *Ind. J. Fiber. Text.*, 32, 295-300, 2007.
2. سید اصفهانی م. ه.، تکمیل کالای نساجی، جلد اول، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۳.
3. Lewin M. and Sello S.B., *Handbook of Fiber Science and Technology: Chemical Processing of Fibers and Fabrics*, Vol. 1, Part A, Marcel Dekker, New York, 1983.
4. Brinkman K., A new ecological and economical mercerizing process, *ITR, Dying, Printing, Finishing*, 38, 1-7, 1992.
5. Kim Y.K., Kang T.J., Seyam A.M., and El-Shiekh A., Stretch mercerization of cotton fibers, Part II: Fabric properties, *Text. Res. J.*, 54, 370-377, 1984.
6. Liu J. and Wang F., Influence of mercerization on microstructure and properties of kapok blended yarns with different blending ratios, *J. Eng. Fiber. Fabr.*, 6, 63-68, 2011.
7. Hari P.K., Balasubramanian P., Sengupta A.K., and Chavan R.B., Effect of mercerization on the tensile properties of rotor spun yarn, *Text. Res. J.*, 55, 122-124, 1985.
8. Akhbari M., Zahiri A., and Bassam S.J., Optimization of parameters influencing mercerization using the RSM method in order to increase the tensile strength of mercerized yarn, *Fiber. Text. East. Eur.*, 20, 30-35, 2012.
9. صامعی ن.، اثر متقابل دما و غلظت قلیا بر مرسریزه کردن پارچه پنبه‌ای، علوم و فناوری نساجی، سال سوم، ۲۳-۲۸، ۱۳۹۲.
10. Kim S., Lee E.S., and Yoon H.S., Mercerization in degassed sodium hydroxide solution, *Fiber. Polym.*, 7, 186-190, 2006.
11. Moghassem A.R. and Bakhshi M.R., Dimensional stabilization of cotton plain weft knitted fabric using mercerization treatment, *Fiber. Polym.*, 10, 847-854, 2009.
12. Moghassem A.R. and Valipour P., An extensive look into the effect of mercerization treatment on dimensional properties of cotton plain knitted fabric, *Fiber. Polym.*, 14, 330-337, 2013.
13. Moghassem A.R. and Fallahpour A.R., Processing parameters optimization of draw frame for rotor spun yarn strength using gene expression programming (GEP), *Fiber. Polym.*, 12, 970-975, 2011.
14. Moghassem A.R., Fallahpour A.R., and Shanbeh M., An intelligent model to predict breaking strength of rotor-spun yarns using gene expression programming, *J. Eng. Fiber. Fabr.*, 7, 1-10, 2012.
15. Moghassem A.R., Gharehaghaji A.A., and Shaikhzadeh Najar S., Analysis of two soft computing modeling methodology for predicting thickness loss of persian hand-knotted carpets, *Fiber. Polym.*, 13, 675-683, 2012.
16. Moghassem A.R. and Fallahpour A.R., Yarn strength modeling using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and gene expression programming (GEP), *J. Eng. Fiber. Fabr.*, 8, 6-18, 2013.

Evaluating the Interactive Effect of Temperature and Alkali Concentration on Dye Absorption of Mercerized Cotton Plain Knitted Fabric

P. Valipour* and A.R. Moghassem

Department of Textile Engineering, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, P.O. Box: 163, Qaemshahr, Iran

Received 11 February 2014; Accepted 20 April 2014

Abstract

Different samples were mercerized to evaluate the interactive effect of temperature and alkali concentration on dye absorption of plain knitted fabrics. The mass of dye picked up by mercerized knitted fabric was estimated by assessment of the wastewater of dyeing process. In order to observe the microstructural changes of the mercerized fabrics, FTIR spectra were recorded for gray fabric and mercerized samples with maximum dye absorption. The results of this study showed that, absorption performance of the mercerized samples was much more superior to that of gray fabric. The dyeing rate increased by alkali concentration at low temperature. Optimum alkali concentration dropped by increases in temperature as in bath temperatures of 40 and 60°C the optimum alkali concentrations were 250 and 200 g/L respectively. In addition to above results, dye absorption decreased by further increase in bath temperature. With the increase in alkali concentration, although the absorption peak appeared at 40°C but the mass of the dye picked up by the fabrics was decreased. Finally, the alkali concentration of 200 g/L at temperature of 60°C were considered the most suitable conditions for mercerization of cotton plain knitted fabric.

Keywords

plain knitted fabric,
mercerization treatment,
dye absorption,
alkali concentration,
alkali temperature

(*) Address Correspondence to P. Valipour, Email: drpeiman.valipour@yahoo.com